

Treball geomorfològic de les allaus

**Estat actual del coneixement i exemples
de zones d'allaus d'Andorra**

Olivier de Mena i Glòria Furdada



Les allaus afecten cada vegada més l'home, el qual ha començat a estudiar-les amb més precisió per saber-ne els mecanismes i poder preveure i/o evitar els danys materials que provoquen al seu pas.

Per això, es poden diferenciar dos aspectes molt importants en l'estudi de les allaus. El primer consisteix en el perill natural que pot arribar a assolir l'impacte en l'estructura socio-econòmica d'una localitat o fins i tot d'un país. En el nostre cas, Andorra és un país que està constantment sotmès a diversos perills naturals, no només d'allaus sinó també de caiguda de pedres, corrents d'arrosegalls...

El segon aspecte consisteix en l'impacte en el medi físic que pot arribar a assolir aquest perill natural. És a dir, les allaus realitzen un treball geomorfològic molt important, que any rere any va modelant el relleu.

Per això, les allaus constitueixen un perill natural en les zones d'alta muntanya, no només per la quantitat de neu que poden mobilitzar i transportar sinó també pels sediments que poden arribar a mobilitzar i també transportar.

Foto 5. Imatge de les zones d'allaus de Setúria, febrer 1996
(cedides per G. Furdada, Universitat de Barcelona;
realitzades pel personal de l'estació de Pal).



Introducció

El poder erosiu que poden arribar a tenir les allaus segons el tipus de substrat o sòl s'ha estudiat mitjançant unes allaus ocorregudes al Pirineu Andorrà. Aquestes allaus determinen la quantitat de sediments que poden arribar a ser erosionats i transportats per les allaus amb diferent situació geogràfica, geològica i de diferents sòls.

Aquesta anàlisi servirà, posteriorment, per poder realitzar una extrapolació a les allaus màximes que es podrien arribar a produir en cada zona d'allau i estimar les quantitats de sediments que podrien ser mobilitzats.

L'objectiu final d'aquest estudi és estimar el treball geomorfològic produït per les allaus i deduir si és o no significatiu. Es pot dividir en 3 parts ben diferenciades com són: l'erosió del sòl per les allaus, les magnituds del transport i l'àrea d'influència dels dipòsits d'allaus.

L'estudi del poder erosiu de les allaus té importància des del punt de vista del treball geomorfològic en les zones de muntanya. Els primers estudis realitzats sobre aquest tema daten dels anys cinquanta i s'han anat profunditzant any rere any. Cada autor o autors utilitzen uns criteris

ben diferents però que en alguns casos es poden repetir.

Un dels primers articles sobre l'erosió provocada per les allaus és de Rapp, A. (1959) que estudia les "avalanche boulder tongues" (llengua de clastos d'allaus) a Lappland (Suècia) des de la Petita Edat del Gel fins a l'actualitat. En el seu article compara 4 tipus d'acumulacions de debris: les de con de tal·lus, les de con al·luvial, les d'allaus i les de lliscament de roca.

Blikra, L. H. and Nemec, W. (1998) i Jomelli, V. (1999) en els seus estudis profunditzen i insisteixen sobre el fet de diferenciar, en zones d'alta muntanya, els diferents dipòsits que es poden trobar segons el tipus de moviment de massa.

Un dels mètodes més utilitzats per l'estudi d'allaus és la liquenometria que consisteix a observar les variacions en el creixement de líquens sobre blocs transportats depositats en l'actualitat i així ho extrapola a blocs transportats depositats d'allaus anteriors. McCarrol, D. (1993) enfoca el seu estudi, per una part, a l'anàlisi liquenomètrica però també a la variació de les condicions climàtiques per així trobar les periodicitats dels diferents processos.

Altres autors que han treballat en aquestes línies són Caine, N. (1969), Huber,

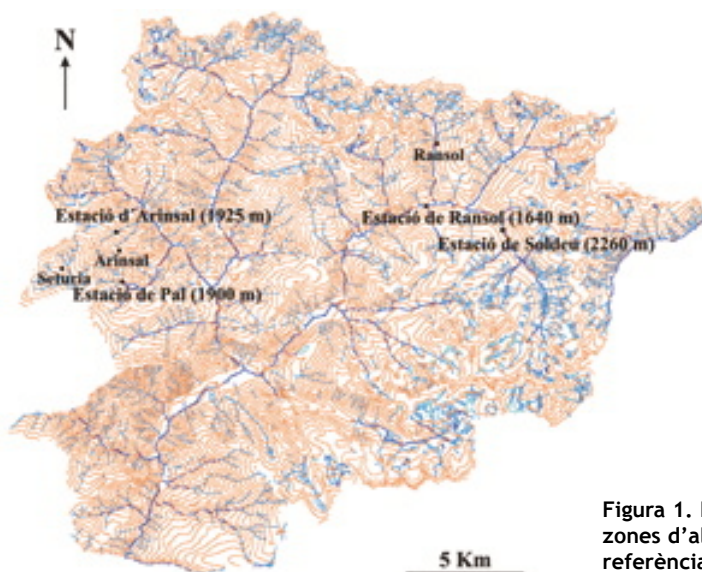


Figura 1. Localització de les diferents zones d'allaus, de les estacions de referència i l'altitud de cada estació.

T. P. (1982), Gardner, J. S. (1983), Ackroyd, P. (1986), Mases, M. (1991), Blikra, L. H. and Saemundson, T. (1998) Blikra, L. H. and Selvik, S. F. (1998).

Així, s'observa que en la majoria d'estudis realitzats sobre l'erosió del sòl per les allaus, els diferents autors insisteixen en la gran capacitat de transport de les allaus en zones alpines de diferents localitzacions, i també en la interpretació paleoclimàtica que es pot fer. En definitiva, correlacionar períodes amb allaus freqüents amb brusques variacions climàtiques.

La zona d'estudi

Les zones d'allaus estudiades en aquest treball es localitzen al Pirineu Andorrà (figura 1); es tracta de l'allau de La Capa, de Ransol i de Setúria.

La primera se situa a la vall Galliner, vall al sud de l'estació d'Arinsal i s'anomena allau de La Capa. És de direcció NEE-SWW. S'observa que la zona de sortida està orientada cap al NE; llavors, en situar-se a l'hemisferi N, no rep la insolació directa del sol. Per tant, la neu acumulada

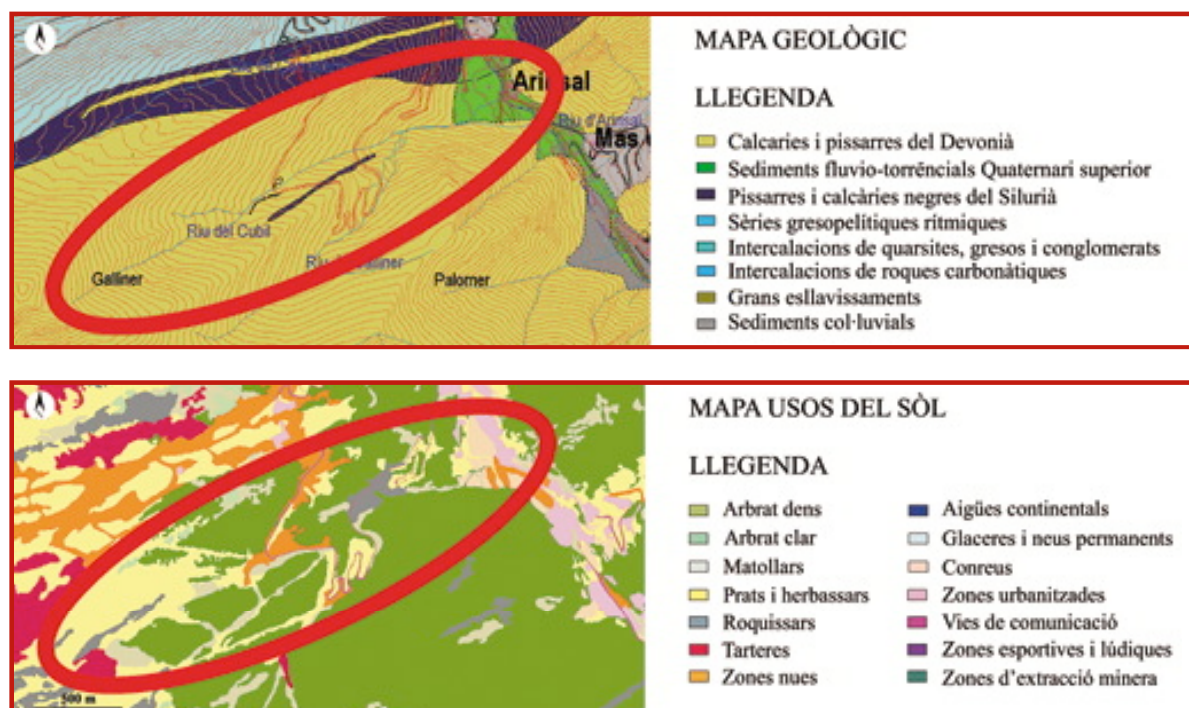
es transformarà amb més lentitud i tindrà tendència a produir allaus de neu seca i freda, encara que no sigui sempre així.

Així doncs, l'orientació de les diferents zones de sortida de les allaus permet donar una tendència del tipus d'allaus que s'hi poden produir. Aquesta tendència ens ajuda a poder delimitar les zones d'allaus.

A l'hora d'abordar l'estudi del poder erosiu de les allaus, un dels primers passos a seguir és el de determinar el tipus de substrat present en cada zona d'allaus. Per aquesta determinació ens hem basat en el "Mapa Geològic d'Andorra" (CRECIT, 2002) (figura 2).

A part de conèixer la litologia del substrat, és igual d'important saber els usos del sòl de cada zona. Segons el tipus d'ús tindrem una àrea diferent d'influència (la presència d'herbassars, per exemple, contribueix al desencadenament de l'allau) per part de les allaus en les tres zones que formen una allau; la zona de sortida, la zona de trajecte i la zona d'arribada. Per conèixer el tipus de sòl ens hem basat en el "Mapa de Cobertes del Sòl d'Andorra" (CBD, 2002) (figura 2).

Figura 2. Zona de l'allau de La Capa.



Tractament de les mostres: recollida i tractament de laboratori

Les mostres tractades van ser recollides per personal del CRECIT i per Antoni López González. A l'hora de recollir les mostres al camp s'han de situar geogràficament, s'ha d'apuntar la data de la recollida i s'ha de tenir en compte en el treball les característiques nivometeorològiques

del moment en què es van produir les allaus (taula 1).

Primer de tot es van fondre i filtrar amb paper de filtre les mostres. Per recollir la totalitat de les mostres dels papers filtre s'utilitza polifosfat sòdic a 40 per mil com a disgregador. El polifosfat sòdic s'utilitza com a disgregant per així poder tamisar de seguida les mostres i obtenir 2 fraccions diferenciades:

1. una fracció fina inferior a 63 μm .
2. una fracció més grollera superior a 63 μm .

Taula 1. Característiques de les mostres, volum d'aigua més sediment (V_{H_2O}) proporcionat pel CRECIT, pes total de sediment (P_{sed}) proporcionat pel CRECIT, i concentració sediment /aigua. (+) indica que s'ha realitzat l'anàlisi granulomètrica, (-) indica que no s'ha realitzat l'anàlisi granulomètrica per falta de mostra suficient.

Mostra	Descripció	V_{H_2O} (l)	P_{sed} (g)	Concentració sediment/ H_2O (g/l)	Anàlisi granulomètrica
1	Port de Cabús 21/04/02	0,58	31,638	54,5482	+
2	Port de Cabús 21/04/02	0,554	1,3656	2,4649	+
3	Port de Cabús 21/04/02	0,552	23,5812	42,7195	+
4	Port de Cabús 21/04/02	0,52	1,3661	3,6792	+
5	Port de Cabús 21/04/02	0,482	1,9132	3,9693	+
6	Port de Cabús 2002	0,06	0,3038	5,0633	-
7	Port de Cabús 2002	0,065	0,1448	0,2227	-
8	Port de Cabús 2002	0,06	6,7549	112,5881	-
9	Arinsal 03/03/03	2,625	1,3926	0,5305	+
10	Arinsal 03/03/03	1,0561	1,677	1,5879	+
11	Arinsal 03/03/03	1,05	0,00664	0,0063238	-
12	Ransol 2003	1,3	0,0175	0,0134615	-

Taula 2. Pes de les diferents mostres abans i després la calcinació i percentatge de matèria orgànica present en les diferents mostres (mostres 11 i 12: quantitat de mostra insuficient per poder realitzar la calcinació).

Mostra	Pes de sediment <63 μm a la mufla (g)	Pes de les cendres (g)	Pes de matèria orgànica (g)	Matèria orgànica (%)
1	1,032	1,0939	0,2081	15,68
2	0,3753	0,3042	0,0711	18,94
3	0,8314	0,6995	0,1319	15,86
4	0,6217	0,5521	0,0696	11,19
5	0,7572	0,6579	0,0993	13,11
6	0,0753	0,0626	0,0127	16,86
7	0,0706	0,588	0,0118	16,71
8	0,0821	0,0568	0,0253	30,81
9	0,368	0,3019	0,0661	17,96
10	0,3005	0,2565	0,044	14,64
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-

Es recullen les diferents fraccions en vasos de precipitat. Després s'assequen al forn a 110° C fins que estiguin totalment seques. Es recullen les mostres seques i es pesen les 2 fraccions diferenciades.

Seguidament es calcinen. La calcinació és un mètode que permet determinar el percentatge de matèria orgànica present en una mostra. Mitjançant aquest mètode i en el cas de mostres provinents d'allaus, permet tenir una idea de l'origen dels sediments transportats per l'allau, si prové d'un sòl o d'un substrat (taula 2).

Alhora, s'ha realitzat una anàlisi granulomètrica de les mostres. El Coulter LS 100 és un analitzador de la mida de les partícules que segueix el principi que les partícules d'una determinada mida difracten la llum amb un angle donat, major quan menor és la partícula.

S'ha observat que totes les mostres presenten una distribució semblant.

Cartografia de les allaus estudiades i de les allaus extremes

Les allaus es produeixen sempre en aquelles zones dels vessants que presenten les condicions d'altitud, pendent, morfologia, etc. favorables per al seu desencadenament.

Abans de començar a presentar els diferents resultats obtinguts segons els diferents mètodes emprats per la realització de l'estudi de l'erosió del sòl per part de les allaus, s'han anomenat diferentment

les allaus que corresponen a les mostres (allaus mostra) i les allaus extremes (allaus màximes).

Les primeres són allaus que es van produir els anys 2002 i 2003 i de les quals es van recollir les mostres (Mases, M. CRECIT i López A.). Les segones són les allaus teòriques que es desencadenarien sota unes condicions extremes. Aquest tipus d'allaus es refereix a fenòmens amb un període de retorn molt elevat, al voltant de 300 anys, i són les que anomenem allaus màximes.

S'entenen doncs com a allaus màximes aquelles que, per les característiques morfològiques, topogràfiques del terreny i la neu que s'hi pot acumular, s'han considerat que són les de magnitud més important que s'hi poden produir.

Cadastre digital d'Allaus

El Cadastre Digital d'Allaus és la recopilació de tota la informació sobre les allaus d'una regió, a través d'un conjunt de documents (cartografies, base de dades, fotografies...) en format digital que han estat relacionats i estructurats per tal de facilitar-ne la consulta (Ferrer, P. i Furdada, G., 2003).

En aquest treball s'ha utilitzat el Cadastre d'Allaus d'Andorra com a referència per observar les allaus ocorregudes (figura 3) en les diferents zones i així s'ha pogut millorar les cartografies de les zones d'allaus.

Fotografies obliqües

L'observació detallada de fotografies d'esdeveniments allavosos de diferents

Figura 3. Cadastre d'allaus d'Andorra per la zona de l'allau de La Capa.

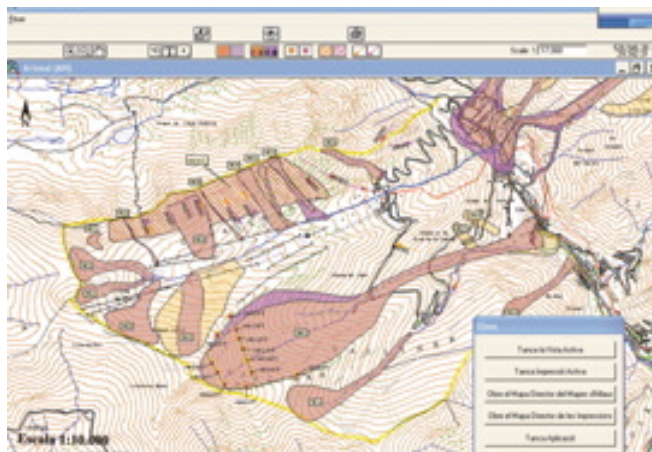


Foto 1

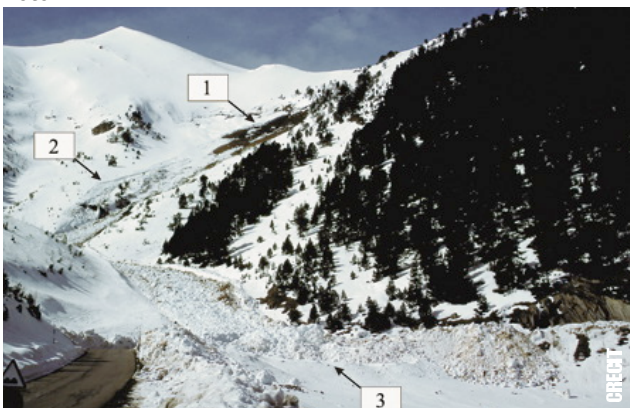


Foto 2



Foto 3

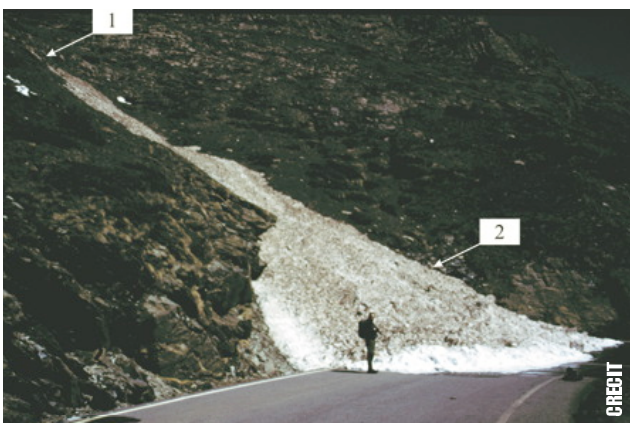


Foto 6



anys (fotos 1, 2, 3, 5 i 6), però corresponents a la mateixa zona, dona un coneixement més clar i aprofundit del seu funcionament i permet comprendre millor la dinàmica de les allaus en aquests vessants.

Fotografia aèria

La fotografia aèria (sense neu) és un mètode molt útil a l'hora de cartografiar allaus. Permet observar, en relleu, les diferents zones. En el nostre cas, l'escala corresponent a les fotografies aèries és de 1/16.000.

La fotografia aèria permet identificar correctament la localització de les allaus de les fotografies obliqües corresponents a les mostres i, per tant, cartografiar-les correctament sobre un mapa topogràfic. En aquest procés el treball de camp també hi ajuda.

Després d'haver cartografiat les allaus mostrejades, s'han cartografiat les allaus màximes per cada una de les allaus mostrejades. Hem tingut en compte el cadastre d'allaus d'Andorra per cada zona. Les àrees de les allaus màximes han de ser iguals o superiors a les allaus del cadastre donat en una mateixa zona.

Treball de camp

El reconeixement de camp consisteix en l'observació directa sobre el terreny de les zones d'allaus.

Des d'un punt de vista cartogràfic, el treball de camp és essencial i, pel canvi d'escala d'observació, complementa els criteris sobre la cartografia de les diferents allaus. Es realitza a la primavera o a la tardor per poder observar la zona d'allau sense neu (foto 4).

Foto 1. Imatge de la zona de l'allau de neu humida de La Capa 2003; 1-zona de sortida, 2-zona de trajecte i 3-zona d'arribada.

Foto 2. Imatge de la zona de l'allau de La Capa 2003; tall del gruix de neu de la zona d'arribada, s'observa una capa més fosca amb sediments (zona d'extracció de les mostres).

Foto 3. Imatge de la zona d'allaus de neu humida de Setúria 2002; 1-zona de trajecte i 2-zona d'arribada.

Foto 6. Imatge de la zona de l'allau de Setúria, 1-zona d'arribada. S'observa sediment transportat, maig 2004.

Tractament SIG

Una vegada realitzada la cartografia mitjançant les fotografies obliqües i les fotografies aèries, s'ha de contrastar i afinar amb els pendents (utilització de models digitals del terreny) i s'han de digitalitzar les diferents zones cartografiades. Tenim dues zones cartografiades per zona d'allau: l'allau mostrejada i l'allau màxima.

El programa que s'utilitza a continuació s'anomena ArcView 8.1, mitjançant el qual s'ha realitzat els mapes de pendents amb el mòdul "3D Analyst". Els components principals de ArcView inclouen ArcCatalog, ArcMap i ArcToolbox.

Per a la millor comprensió del mapa de pendents, s'han determinat 6 intervals:

1. 0-10°: els pendents inclosos dins aquest interval corresponen a les zones de dipòsit de les allaus màximes.
2. 10-20°: els pendents inclosos dins aquest interval no podran generar allaus.
3. 20-28°: els pendents inclosos dins aquest interval no podran generar allaus.
4. 28-35°: els pendents inclosos dins aquest interval són susceptibles de generar allaus de grans dimensions, poc freqüents.
5. 35-55°: els pendents inclosos dins aquest interval són susceptibles de generar allaus amb certa freqüència.
6. 55-90°: els pendents inclosos dins aquest interval no són susceptibles de generar allaus ja que la neu no s'hi pot acumular (es purga).

L'anàlisi dels tres mapes de pendents generats (figura 4) ens permet tornar a cartografiar amb més exactitud les zones de sortida de les allaus. Una vegada traçades amb ArcMap les diferents zones de sortida amb la màxima exactitud possible, es procedeix al càlcul de les diferents àrees ocupades per les diferents zones de sortida.

L'àrea que ocupa cada zona de sortida de les allaus màximes i de les allaus mostrejades determinarà la quantitat de neu que poden mobilitzar i transportar.

Finalment, s'ha obtingut mitjançant ArcMap el valor del pendent mitjà de les àrees de la zona de sortida de les allaus màximes i de les allaus mostrejades. Aquest pendent mitjà s'ha obtingut calculant el pendent per a cada cel·la de la zona de sortida i ponderant-lo pel nombre de cel·les amb cada un dels pendents.

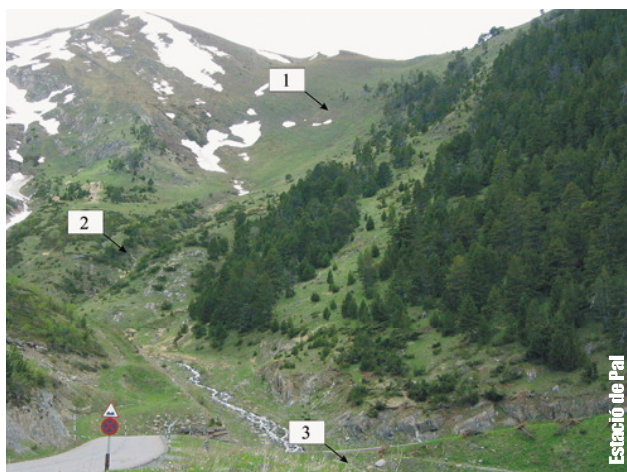


Foto 4. Imatge de la zona de l'allau de La Capa; 1-zona de sortida, 2-zona de trajecte i 3-zona d'arribada (vegeu foto 1 per comparar), maig 2004.

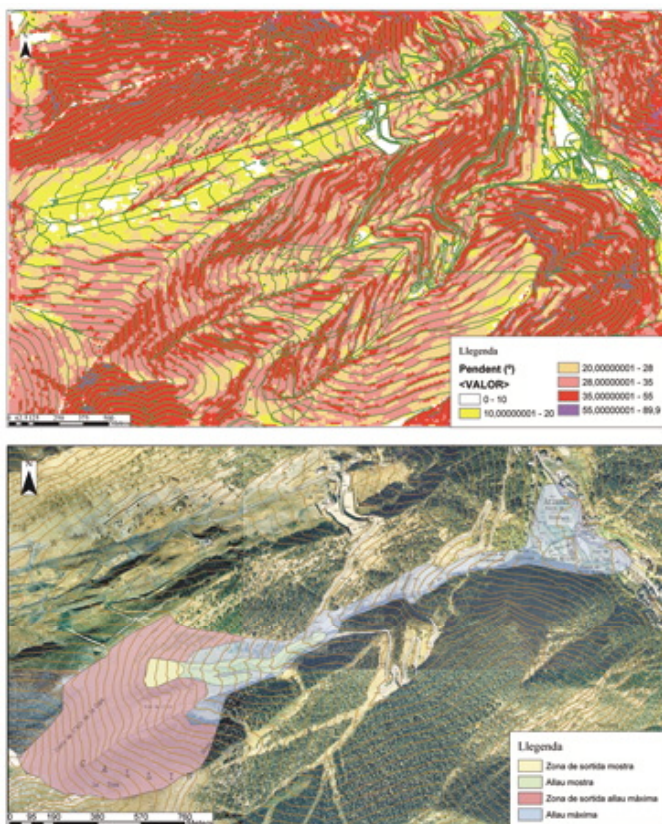


Figura 4. Mapa de pendents, ortofotografia i cartografia de les diferents allaus per la zona de l'allau de La Capa.

Aquests resultats s'han utilitzat posteriorment per fer els càlculs de les quantitats de neu que estimem que estan involucrades en cada una de les allaus.

Resultats de la cartografia

La utilització d'un tractament SIG permet realitzar mapes a diferents escales de les cartografies, de les "allaus mostra" i de les "allaus màximes" per a cada una de les zones d'estudi. Aquí presentem el cas de l'allau de La Capa (figura 2). En tots els casos s'observa una gran diferència entre la magnitud d'ambdues allaus.

Càlcul del volum de neu i extrapolacions

Per calcular el volum de neu i quantificar el sediment transportat es necessita un paràmetre més: els diferents gruixos de neu. Per estimar els gruixos de neu s'ha utilitzat el treball d'Esteban Vea, P. (2002) "Tractament de les dades nivometeorològiques d'Andorra: qualitat i períodes de retorn de les sèries de gruixos de neu i de precipitacions de neu nova". Les estimacions utilitzades per adaptar les dades de les estacions de mesura a l'altitud de la zona de sortida s'han basat en Salm et al.,

(1990). El resum de les dades utilitzades i calculades s'exposa a la taula 3. En el cas de l'allau de Ransol, el càlcul s'ha realitzat independentment per a les dues estacions de mesura de neu pròximes a la zona d'allaus: Ransol (FEDA) i Soldeu (estació d'esquí).

Resultats

En aquest apartat es resumeixen, presenten i integren els diferents resultats del treball (taula 4).

En primer lloc, el tractament de les mostres al laboratori dona uns valors mitjans de contingut en matèria orgànica al voltant del 12%, amb uns resultats homogenis per a les tres zones d'allaus. Aquestes tenen cobertures semblants en les zones de sortida, que estan compostes d'herbassars i prats. Però, pel que fa al contingut de sediment respecte a la mostra total, els valors varien.

Per l'allau de La Capa, dona una valor del 6,53% molt diferent de 0,14% i 0,57% per les dos estacions a prop de Ransol i 33,53% per Setúria. Segons les anàlisis de la geologia de la zona de sortida de les allaus de les diferents zones, es pot observar que només a Setúria hi ha afloraments de substrat. Les dues altres zones, a part de la

Taula 3. Valors de gruixos de neu anuals mitjos, valors del gruix de neu segons la distribució Gumbel per un període de retorn de 1,1 anys, valors calculats per la zona de sortida de les diferents allaus, valors del gruix de neu segons la distribució Gumbel per un període de retorn de 300 anys i valors calculats a la zona de sortida de les diferents allaus.

	Estació d'Arinsal	Estació de Pal	Estació de Soldeu	Estació de Ransol
Mitjana valors anuals de gruix de neu (cm)	119,73	80,93	106,93	91,06
Gruix calculat segons la distribució Gumbel (cm) per un període de retorn de 1,1 anys	89	41	94	31
Interval de confiança (cm)	(-34;+84)	(-25;+58)	(-46;+81)	(-23;+38)
Valor considerat per la zona de sortida de les allaus (cm)	130,98	110,93	101,43	116,56
Gruix calculat segons la distribució Gumbel (cm) per un període de retorn de 300 anys	453	236	352	183
Interval de confiança (cm)	(-336;+570)	(-157;+314)	(-190;+363)	(-157;+209)
Valor considerat per la zona de sortida de les allaus (cm)	464,25	266	346,5	208,5

presència de bosc dens, no presenten afloraments de substrat que puguin donar una quantitat important de sediments.

La presència de substrat pot fer augmentar la quantitat de sediment mobilitzable per les allaus si aquest presenta fractures i discontinuïtats que afavoreixin la seva fracturació, erosió i transport. Aquest és el cas de Setúria, on afloren calcàries i pissarres del Devonianà.

L'interval de pendent suposat per al desencadenament d'una allau està comprès entre 28° i 55°. S'observa als mapes de pendents que els colors més vermellencs són els que representen l'interval comentat anteriorment.

A l'allau de La Capa, la fotointerpretació de la zona d'allau màxima ens indica una àrea de la zona de sortida molt extensa (427.207 m²). El pendent mitjà estimat

Taula 4: Àrea i pendent mitjà de la zona de sortida calculats amb ArcGis. Gruixos de neu per als diferents períodes de retorn calculats perpendicularment al vessant. Les Estacions d'Arinsal, Soldeu i Pal recullen un total de 15 mesures de gruixos de neu i l'estació de Ransol recull 30 mesures de gruixos. Volums totals de neu calculats a partir de les densitats de neu (humida) i de neu (seca). Volum total de sediment estimat i gruix de sediment en la zona d'arribada calculat en funció de l'extensió de la zona d'arribada.

		Allau de La Capa (Estació d'Arinsal)	Ransol 1 (Estació de Ransol)	Ransol 2 (Estació de Soldeu)	Setúria (Estació de Pal)
Allaus mostres	Àrea de la zona de sortida (m ²)	16060	180	180	15033
	Pendent mitja zona de sortida (°)	29,89	38	38	43,94
	Gruix de neu calculat per un període de retorn d'1.1 anys (cm)	86,91	55,94	69,74	55,95
	Volum total de neu (m ³)	13958,57	100,7	125,53	8410,96
	Volum H ₂ O mostra (m ³)	1,57.10 ⁻³	1,3.10 ⁻³	1,3.10 ⁻³	0,359125.10 ⁻³
	Pes de neu mostres (kg)	0,628	0,52	0,52	0,14365
	Pes de sediment transportat mostres (g)	1,0254	0,0175	0,0175	8,38345
	Pes de sediment total transportat (g)	9116635,46	1440,38	7242,11	28205145,04
	% (pes de sediment respecte la mostra total, g/m ³)	6,53	0,14	0,57	33,53
Allaus màximes	Àrea de la zona de sortida (m ²)	427207	213976	213976	699995
	Pendent mitja zona de sortida (°)	34,7	38,77	38,77	35,56
	Gruix de neu calculat de la zona de sortida (cm)	381,68	162,56	270,15	216,39
	Densitat estimada de la neu (kg/m ³)	150	150	150	150
	Volum de neu (m ³)	1630563,68	3478439,38	578065,15	1514719,18
	Pes de neu (t)	244584,55	52175,90	86709,77	227203,88
	Pes de sediment transportat (g)	399358279,2	1865767,70	2918117,35	13259675210
	Pes de sediment transportat (t)	399,36	1,86	2,92	13259,67
	Gruix de sediment a la zona d'arribada (cm)	4,68.10 ⁻³	4,34.10 ⁻⁵	6,81.10 ⁻⁵	9,47.10 ⁻²

és de 34,7° i el gruix de neu calculat a la zona de sortida per una allau màxima és de 381,68 cm. Amb aquestes dades s'obté el volum de neu seca que pot arribar a ser mobilitzat i transportat per l'allau màxima: 1.630.564 m³. Posteriorment i suposant una densitat de la neu de 150 kg/m³, es calcula el pes de neu, 244.584,55 t. Extrapolant els valors de les allaus mostres, s'estima un pes de sediment transportat per les allaus màximes de 400 t.

Aquests resultats a primera vista semblen molt importants, però si suposem una densitat mitjana del sediment transportat de 200 kg/m³ i calculem els diferents gruixos de sediment dipositats a les diferents zones d'arribada, observem que no hi ha cap gruix superior a 1 cm que recobreixi les diferents zones d'arribada. A més d'aquesta apreciació, es pot també observar que segons l'àrea de la zona d'arribada els valors varien de 3 ordres de magnitud.

Per tant, les diferents allaus donen uns valors del pes de sediment transportat importants, però si repartim aquest sediment sobre la zona d'arribada de les diferents allaus, els valors de gruixos de sediment resulten ser poc significatius.

Conclusions

Les allaus realitzen un treball geomorfològic important ja que poden arribar a transportar 400 t de sediment per la zona d'Arinsal, entre 1,86 t i 2,92 t a Ransol i finalment, 13.260 t per Setúria.

A les zones d'arribada de les tres zones d'allaus s'ha observat una morfologia diferent. A Ransol i a Arinsal, el dipòsit de l'allau màxima s'acumularà sobre el con de dejecció present en les 2 valls. Però, en la zona de Setúria, no s'observa cap zona d'acumulació.

Llavors una nova perspectiva d'estudi se'ns planteja. Una vegada acumulats els sediments d'allaus, s'hauria de poder determinar les diferents evolucions dels dipòsits d'allaus. Segons la zona tendiran a acumular-se i formar part del con de dejecció ja format o seran evacuats mitjançant l'erosió torrencial que afecta la vall durant importants precipitacions.

L'estudi realitzat permet observar que els valors estimats de pes de sediment i conseqüentment dels volums de sediment és, per l'allau de La Capa, de 200 m³, valor similar al que es refereix Ackroyd P. (1986) que estudia una allau màxima ocorreguda a Nova Zelanda i que estima el volum de sediment en 300 m³.

L'altra possibilitat és que el mètode utilitzat, a l'extrapolar linealment les quantitats de neu de les allaus màximes, estigui sobreestimant la capacitat erosiva i de transport d'aquestes allaus. Per altra banda, és ben conegut que les allaus de neu humida tenen força capacita erosiva (en aquest cas corresponen a les allaus mostra). Les allaus màximes o extremes, amb neus de densitats inferiors, potser no tenen tanta capacitat erosiva, però en canvi generen unes turbulències i pressions d'impacte puntuals capaces de grans destruccions per sobre de la superfície del sòl.

Com ja s'ha dit, en aquest treball només es pretenia fer una primera estimació. En futurs treballs s'hauria de plantejar com es pot realitzar una extrapolació no lineal que reflecteixi millor la dinàmica de les allaus.

■ Olivier de Mena¹, Glòria Furdada²

¹ olivierdemena@yahoo.es

² grup RISKINAT; Dpt. Geodinàmica i Geofísica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. c/ Martí i Franquès s/n; 08028 Barcelona.



Bibliografia

- ACKROYD, P. (1986). "Debris transport by avalanche, Tortelesse Range, New Zealand" *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, vol. 30, pp. 1-14.
- BLIKRA, L. H.; SAEMUNDSON, T. (1998). "The potential of sedimentology and stratigraphy in avalanche-hazard research" *Norwegian Geotechnical Institute, 25 Years of Snow Avalanche Research Voss*, vol. 203, pp. 60-64.
- BLIKRA, L. H.; NEMEC, W. (1998). "Postglacial colluvium in Western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record" *Sedimentology*, vol. 45, pp. 909-959.
- BLIKRA, L. H.; SELVIK, S. F. (1998). "Climatic signals recorded in snow avalanche dominated colluvium in Western Norway: depositional facies successions and pollen records" *The Holocene*, vol. 8-6, pp. 631-658.
- BUTLER, D. R.; ATHENS; MALANSON, G. P. (1990), "Non-equilibrium geomorphic processes and patterns on avalanche paths in the Northern Rocky Mountains, USA" *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, vol. 34, pp. 257-270.
- CAINE, N. (1969). "A model for alpine talus slope development by slush-avalanching" *Journal of Geology*, vol. 77, pp. 92-100.
- CENTRE DE BIODIVERSITAT. "Mapa de Cobertes del Sòl d'Andorra - esc. 1/5000." [CD-ROM]. Institut d'Estudis Andorrans, Març de 2001.
- CENTRE DE RECERCA EN CIÈNCIES DE LA TERRA (CRECIT). "Mapa Geològic d'Andorra - Esc 1:50.000" [CD-ROM]. Institut d'Estudis Andorrans, 2002.
- ESTEBAN VEA, P. (2002). "Tractament de les dades nivometeorològiques d'Andorra: qualitat i períodes de retorn de les sèries de gruixos de neu i de precipitacions de neu nova" Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona.
- FERRER, P.; FURDADA, G. (2003). "El cadastre digital d'allaus d'Andorra. Ús d'un sistema d'informació geogràfica per a la gestió del risc d'allaus" *Horitzó*, número 3, pp. 13-20.
- GARDNER, J. S. (1983). "Accretion rates on some debris slopes in the mt. Rae Area, Canadian Rocky Mountains" *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 8, pp. 347-355.
- HUBER, T. P. (1982). "The geomorphology of subalpine snow avalanche run-out zones: San Juan Mountains, Colorado" *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 7, pp. 109-116.
- JOMELLI, V. (1999). "Dépôts d'avalanche dans les Alpes françaises: géométrie, sédimentologie et géodynamique depuis le petit âge glaciaire" *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 53, pp. 199-209.
- MASES, M. (1991). "Estudi geomorfològic de la dinàmica nival i del risc d'allaus a la Vallferrera (Pallars Sobirà)" *Tesi de Llicenciatura, Universitat de Barcelona*. 123 pp.
- MC CARROL, D. (1993). "Modeling Late-Holocene snow-avalanche activity: incorporating a new approach to lichenometry" *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 18, pp. 527-539.
- RAPP, A. (1959). "Avalanche Boulder tongues in Lappland. Descriptions of little-known forms of periglacial debris accumulations" *Geographiska Annaler*, vol. 1, pp. 34-48.
- SALM, B.; BURKARD, A.; GUBLER, H.U. (1990). "Calcul des avalanches: une méthode pour le praticien avec des exemples" *I.F.E.N.A.* n° 47.

Abstract

Some of the avalanches that have occurred in the Andorran Pyrenees have been used to study the potential erosive power of avalanches depending on the type of substratum or soil. These have been used to determine the quantity of sediments that can potentially be eroded and transported by the avalanches within different geographical and geological areas and different soils.

This analysis can then be used to extrapolate the greatest avalanches that could take place in each avalanche zone and to estimate the quantities of sediments that could be moved.

The final aim of this study is to estimate the geomorphologic effects caused by the avalanches and to deduce how significant or not these are. It can be divided into 3 separate parts: the erosion of the soil by the avalanches, the magnitudes of the transport and the area of influence of the avalanche deposits

The study of the erosive power of avalanches is important when considering the geomorphologic effects in mountainous areas. The initial studies carried out on this theme date from the 1950s and have been studied in more depth year after year. Each author, or authors, use very different criteria, which can in some cases, however, be repeated.